

УДК [005.336.3+006.83]:62(043.3)

К.О. Дядюра, д-р техн. наук, В.О. Залога, д-р техн. наук, Суми, Україна

## **ЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ СКЛАДНИХ ВИРОБІВ**

*Удосконалені наукові основи опрацювання й ефективного використання техніко-економічної інформації для забезпечення якості складних виробів на стадії їх життєвого циклу. Встановлено, що зв'язок між результатами процесів на стадіях життєвого циклу, які характеризують відповідність складних виробів встановленим вимогам, можна відслідковувати, аналізуючи взаємні кореляції синергетичних і кінетичних параметрів.*

*Усовершенствованы научные основы обработки и эффективного использования технико-экономической информации для обеспечения качества сложных изделий на стадии их жизненного цикла. Установлено, что связь между результатами процессов на стадиях жизненного цикла, которые характеризуют соответствие сложных изделий установленным требованиям, можно отслеживать, анализируя взаимные корреляции синергетических и кинетических параметров.*

*Improved scientific basis and effective processing of information for quality assurance of complex products at the design stage, construction and operation of the application of methods of technical diagnostics, dynamic programming, structural and parametric modeling and tools and of inverse point calculations, which, unlike existing approaches can generate optimal characteristics of the configuration of complex products, including a set of alternatives by tab of the coefficients of the relative importance of the purposes specified in advance limits.*

**Постановка проблеми.** Конкурентоспроможність займає центральне місце у сучасних економічних теоріях [1, 2, 3, 4] і є основою для визначення перспективних напрямів розвитку інвестиційної та інноваційної діяльності країни [5, 6]. У сучасних умовах інтенсивного розвитку інформаційних технологій потреби та очікування споживачів до продукції та послуг постійно змінюються. Відповідно змінюються вимоги до складних виробів, які використовують у різних технологічних процесах для виготовлення іншої готової продукції. Зменшується серійність їх виробництва, розширюється номенклатура і скорочується життєвий цикл (ЖЦ). Складні вироби [7] у машинобудуванні (наприклад, металорізальне, компресорне, поліграфічне обладнання та інше) мають ієрархічну багатофункціональну та багатоелементну структуру, яка включає три основні взаємозв'язані різномірні компоненти – комплекс технічних засобів (КТЗ), програмне забезпечення (ПЗ) та оперативний персонал (ОП), які взаємодіють для виконання певних функцій (рисунк 1). Структура складних виробів (СВ) визначає відповідну організаційну структуру взаємозв'язаних процесів на



Рисунок 1 – Багатоелементна та багатофункціональна структура складних виробів

стадіях їх ЖЦ. Якість кожного з цих процесів впливає на якість результату. Організаційна структура процесів на стадіях ЖЦ СВ змінюється залежно від вимог до кінцевої продукції, умов внутрішнього та зовнішнього виробничого середовищ. Це впливає на узгодженість результатів при прийнятті рішень, щодо забезпечення відповідності СВ вимогам. Усі процеси ЖЦ СВ є елементами системи, у якій вони функціонують (рисунок 2).

Якість побудови цієї системи і механізм її функціонування проектується на якість складових процесів. Якість результату успадковує якість процесів і системи, що їх об'єднує. Формування концепції спільного створення цінності виробником і споживачем продукції передбачає побудову принципово нової системи управління якістю. Відповідно до принципу відображення вимог до якості результату діяльності підприємства перекладаються на вимоги до якості процесів і на вимоги до якості організаційно-управлінської системи [8].

До процесів, якість яких відображується на якості продукції, належать не тільки технологічні процеси, але й організаційні, управлінські й інші (рисунок 2). Недоліком існуючих моделей процесів у випадках, коли СВ виготовляють на замовлення (обмежена кількість однотипних СВ), є їх фрагментарний характер, неузгодженість результатів та нездатність відображати найбільш загальні, фундаментальні нелінійні закономірності організаційно-технічного забезпечення послідовного формування емерджентних властивостей СВ у період від обґрунтування їх розроблення до закінчення експлуатації.

Відсутнє наукове обґрунтування ефективного використання техніко-економічної інформації на стадіях ЖЦ СВ і прийняття рішень з урахуванням самоузгодженої взаємодії процесів, як відкритої нелінійної системи, самоорганізація якої впливає на результати щодо забезпечення відповідності продукції встановленим вимогам.

Таким чином, для прийняття обґрунтованих рішень щодо забезпечення відповідності СВ встановленим вимогам необхідна достовірна техніко-економічна інформація на всьому інтервалі їх ЖЦ.



Рисунок 2 – Сучасні підходи до забезпечення інноваційного розвитку та конкурентоспроможності у машинобудуванні

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основою для опрацювання та ефективного використання техніко-економічної інформації для забезпечення якості виробів у машинобудуванні є інтегровані моделі як самих СВ та і процесів, що їх супроводжують на стадіях ЖЦ.

При використанні таких моделей необхідно враховувати характерні ознаки СВ:

- наявність емерджентних властивостей, притаманних як елементам різноманітних за конфігураціями ієрархічних структур СВ так і процесам, що їх супроводжують на стадіях ЖЦ;

- вплив множини факторів зовнішнього середовища на СВ і систему процесів на стадіях ЖЦ, які можуть змінити склад, структуру і стан СВ, викликати відхилення від встановлених вимог.

Для прийняття рішень щодо забезпечення якості СВ використовують різні міждисциплінарні підходи. Серед основних підходів можна виділити: теорію управління складними системами; теорія управління проектами; теорію інформації, теорію оптимізації; теорію управління якістю; технологічні основи інтегрованих виробничих систем у машинобудуванні. Також враховуються вимоги та рекомендації відповідного нормативно-методичного забезпечення.

Фундаментальною основою цих підходів при моделюванні СВ є теоретико-ймовірнісні методи. При обмеженому обсягу статистичних даних складність застосування таких методів нерозривно пов'язана зі складністю структури СВ і процесів, що їх супроводжують на стадіях ЖЦ, а отже, і ризиком досягнення заданих вимог. Проведений аналіз застосування таких методів показує, що вони недостатньо ефективні під час моделювання широкого класу процесів на стадіях ЖЦ і явищ у самих СВ у тих випадках, коли: дослідник має обмежену кількість однотипних СВ або досліджуваний СВ взагалі є унікальним (наприклад виготовлений на замовлення); обсяг статистичних даних про процеси, що протікають в однотипних СВ, малий або статистичні дані повністю відсутні; статистичні дані про характеристики СВ мають низьку ймовірність; проведення періодичних перевірок статистичних гіпотез про характеристики СВ неможливо або пов'язано з істотними труднощами та ін.

Недоліком існуючих моделей для прийняття рішень щодо відповідності встановленим вимогам у випадках, коли СВ виготовляють на замовлення (обмежена кількість однотипних СВ), є їх фрагментарний характер, неузгодженість результатів та нездатність відображати найбільш загальні, фундаментальні нелінійні закономірності організаційно-технічного механізму послідовного формування емерджентних властивостей СВ у період від обґрунтування їх розроблення до закінчення експлуатації та подальшої утилізації.

Таким чином, зміна потреб та очікувань замовників в умовах конкурентного тиску і технічного прогресу при зменшенні серійності машинобудівного виробництва і розширенні номенклатури СВ виробів вимагає нових наукових підходів ефективного опрацювання й використання інформації для постійного вдосконалювання продукції та процесів.

Виходячи з того, що якість є функцією організованості структури процесів на стадіях ЖЦ (рисунк 3), а підвищення упорядкованості організаційної структури процесів на стадіях ЖЦ СВ забезпечує узгодженість їх результатів і відповідність встановленим вимогам, науковою основою для

ефективного опрацювання й використання інформації при прийнятті рішень щодо забезпечення відповідності встановленим вимогами можуть стати синергетичний підхід, теорія самоорганізації і моделі нерівноважної термодинаміки.

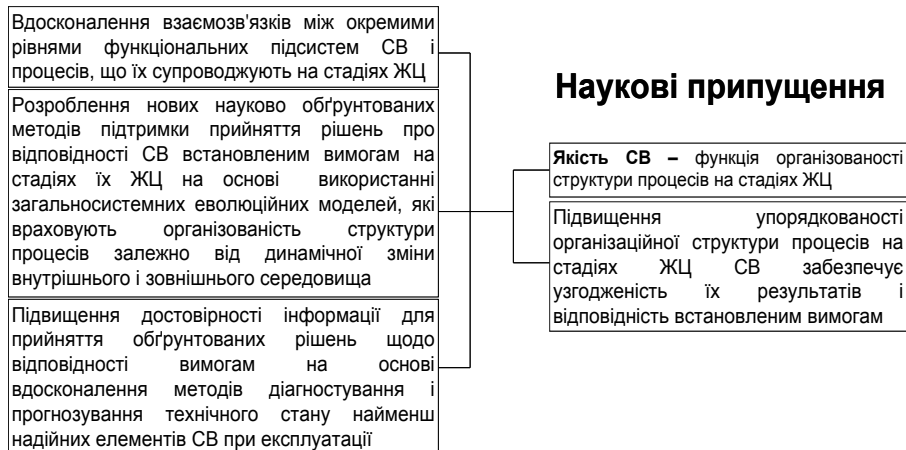


Рисунок 3 – Напрями досліджень ефективного використання техніко-економічної інформації для забезпечення якості складних виробів

Результати досліджень універсальних проявів переходу від упорядкованих до нестабільних та хаотичних режимів функціонування, характерних для відкритих нелінійних систем різної природи, наведені у працях: Арнольда В. І., Волькенштейна М. В., Кабалдіна Ю. Г., Колеснікова А. А., Курдюмова С. П., Ніколаса Г., Олемського О. І., Самарського А. А., Тома Р., Пригожина І. Р., Хакена Г., Чернавського Д. С. та інших.

Ряд праць вітчизняних вчених, зокрема Олемського О. І. [9] присвячено проблемі пошуку загальних об'єктивних законів управління на основі системи самоузгоджених рівнянь Лоренца, макроскопічні змінні якої (параметр порядку, сполучене поле та керуючий параметр) описують колективну поведінку різних систем.

Виходячи з основних положень термодинаміки незворотних процесів основними умовами для самоорганізації сукупності взаємозв'язаних процесів на стадіях ЖЦ СВ є (рисунок 4):

- а) відкритість систем, що припускає:
- постійний приплив негативної ентропії (інформації);

– наявність глибоких зворотних зв'язків між зовнішнім середовищем і системою;

б) великі відхилення від рівноваги, що описуються нелінійними рівняннями (це визначає складну динаміку систем);

в) когерентне поведіння підсистем.

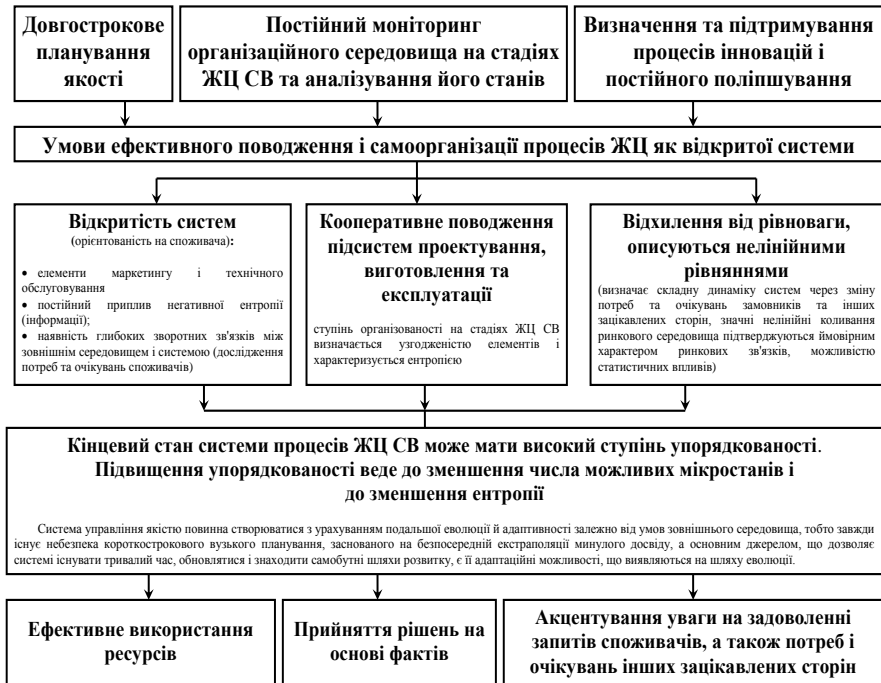


Рисунок 4 – Умови самоорганізації при забезпеченні якості складних виробів

Якщо виконуються ці умови, то кінцевий стан цілком може мати високий ступінь упорядкованості. Цей перехід системи в стабільний стаціонарний стан має назву фізичної еволюції. Прояв цих ефектів і є самоорганізацією. Додаючи ці умови до виробничих систем підприємств, можна відзначити:

а) відкритість системи припускає наявність глибоких зворотних зв'язків зі споживачем, принаймні через підсистеми маркетингу і технічного обслуговування;

б) значні нелінійні коливання ринкового середовища підтверджуються ймовірним характером ринкових зв'язків, можливістю статистичних поштовхів і підкреслюються багатьма дослідниками;

в) ступінь організованості виробничої системи визначається кооперативною погодженістю елементів системи і характеризується ентропією етапів життєвого циклу продукції.

Самоузгоджена взаємодія при виконанні сукупності взаємозв'язаних робіт для забезпечення якості СВ на стадіях ЖЦ залежить від упровадження процесів моніторингу, вимірювання, аналізування та поліпшування. Діагностика процесів та виробів є ефективним засобом та одним із першочергових етапів для збору, опрацювання та використання інформації про відповідність СВ і процесів при виготовленні та експлуатації встановленим вимогам.

Таким чином, відсутність наукових підходів та відповідного нормативно-методичного забезпечення ефективного використання техніко-економічної інформації для прийняття рішень на основі загальносистемних еволюційних моделей, які враховують організованість структури процесів під час проектування, виготовлення та експлуатації СВ залежно від динамічної зміни внутрішнього і зовнішнього середовища, призводить до значних необґрунтованих витрат інформаційних, матеріальних та енергетичних ресурсів для задоволення вимог замовників та інших зацікавлених сторін. Ця проблема є актуальною для різних галузей промисловості України і значною мірою стосується ефективності використання техніко-економічної інформації при забезпеченні якості таких СВ, як металорізальні верстати (МВ), компресорне обладнання (КО) та поліграфічні паперорізальні машини (ПМ). Її вирішення дасть можливість розробити рекомендації для відповідного нормативно-методичного забезпечення. У зв'язку з цим актуальними напрямками досліджень є:

- вдосконалення взаємозв'язків між окремими рівнями функціональних підсистем СВ і процесів, що їх супроводжують на стадіях ЖЦ;

- розроблення нових науково обґрунтованих методів підтримки прийняття рішень про відповідності СВ встановленим вимогам на стадіях їх ЖЦ на основі використанні загальносистемних еволюційних моделей, які враховують організованість структури процесів залежно від динамічної зміни внутрішнього і зовнішнього середовища;

- підвищення достовірності інформації для прийняття обґрунтованих рішень щодо відповідності вимогам на основі вдосконалення методів діагностування і прогнозування технічного стану найменш надійних елементів СВ при експлуатації.

Проведений аналіз дозволив сформулювати мету дослідження та визначити основні задачі наукового дослідження, спрямованого на

підвищення ефективності використання техніко-економічної інформації при виконанні сукупності взаємозв'язаних робіт для забезпечення відповідності СВ встановленим вимогам.

Метою дослідження є розвиток теорії та методів ефективного використання техніко-економічної інформації для забезпечення якості складних виробів у машинобудуванні на основі моделювання самоузгодженої взаємодії процесів при проектуванні, виготовленні та експлуатації і розроблення рекомендацій до відповідного нормативно-методичного забезпечення.

**Результати досліджень.** Алгоритм ефективного використання техніко-економічної інформації на стадіях ЖЦ СВ може бути зображений схемою на рисунку 5. Для прийняття рішень щодо забезпечення відповідності СВ встановленим вимогам на стадіях ЖЦ проводиться оцінювання ефективності застосування елементів  $\Phi ПС_j$ .

Такий алгоритм дозволяє провести відбір сукупності типів засобів (технічних ( $\Phi П_{КТЗ_j}$ ) і програмних ( $\Phi П_{ПЗ_j}$ )) та оперативного персоналу ( $\Phi П_{ОП_j}$ ), що є складовими функціональних підсистем і які здійснюють цілеспрямовану дію матеріального  $S_N(t_K)$ , енергетичного  $E_N(t_K)$  та інформаційного  $I_N(t_K)$  типів ресурсів на об'єкт перетворення.

Діапазони зміни їх параметрів відповідають комплексному критерию переваги  $1 < \frac{F_e}{F_c} \leq 2$  і його компонентам  $\frac{\tau_F}{\tau_Q} < \frac{F_e^2}{8(F_e - 1)}$  ( $\tau_F$ ,  $\tau_Q$  – відповідно

характерні часи зміни параметра порядку (виробничої функція експлуатації  $Q$ ) і керуючого параметру (виробничої функції проектування  $F$ );  $F_e$  – інтенсивність зовнішньої дії;  $F_c$  – граничне значення функції  $F$ ) [8].

Для підвищення об'єктивності оцінок функціональних підсистем  $\Phi ПС_j$ , що ґрунтуються на кількісному врахуванні різнопланових показників множини типів елементів ( $\Phi П_{КТЗ}$ ,  $\Phi П_{ПЗ}$ ,  $\Phi П_{ОП}$ ) пропонується комплексний критерій, що враховує їх планові та фактичні результати на стадіях ЖЦ і встановлює залежність зміни значень характеристик виконання робіт при проектуванні, виготовленні та експлуатації СВ від структури складових багатофункціональних та багатоелементних систем.

Результати досліджень дозволяють класифікувати режими реалізації самоузгодженої взаємодії функціональних підсистем (таблиця 1). Аналізуючи переваги та недоліки цих варіантів, обирають найбільш оптимальний варіант конструкції машинобудівного виробу з точки зору витрат на його проектування, виготовлення та експлуатацію. Таким чином, спільне функціонування процесів ЖЦ СВ можна представити як відкриту систему



взаємодії відповідних функціональних підсистем, кожна з яких може мати самостійний характер застосування своїх результатів.

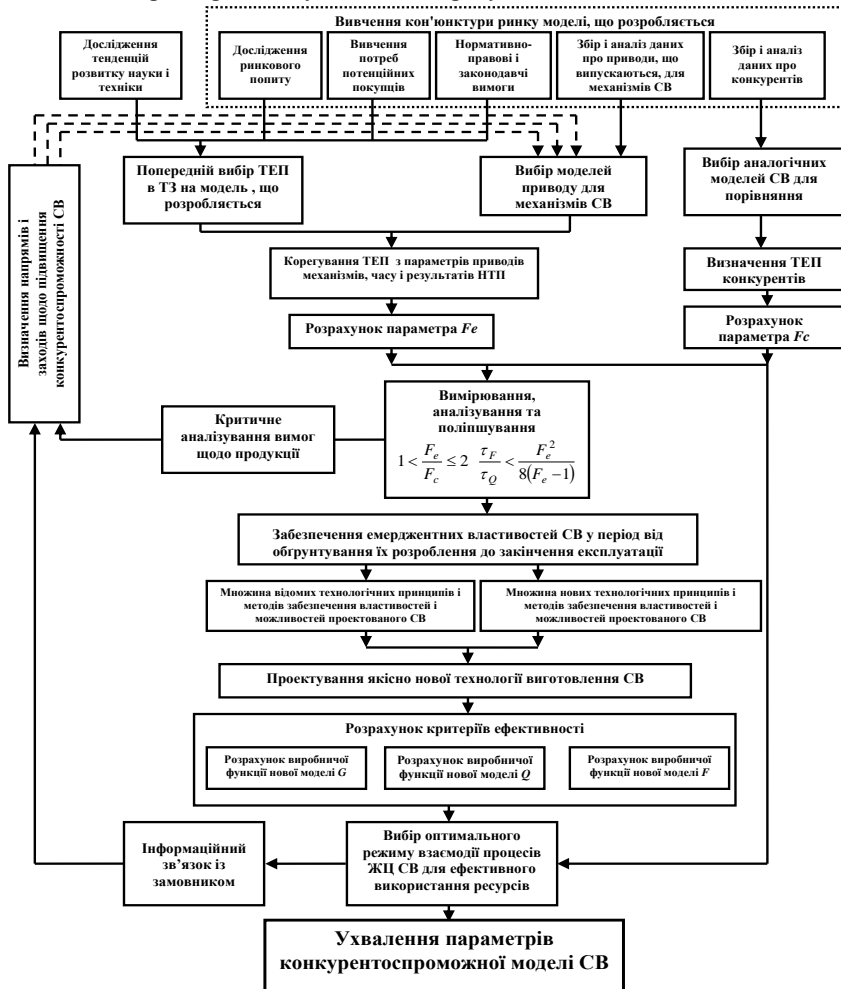


Рисунок 5 – Алгоритм вибору ефективних режимів реалізації процесів ЖЦ СВ

Їх інтеграція до загальної системи забезпечує якісно нову сукупність властивостей та міру корисності машинобудівного СВ, а також підвищення техніко-економічних показників при його виготовленні та експлуатації. Режими реалізації системи визначаються сукупністю умов і засобів багатьох

економічних, технічних і соціальних процесів, що зазнають на собі неоднакового впливу зовнішнього середовища і мають різний ступінь інерційності. Методологія колективної поведінки функціональних підсистем запропонована для використання при підвищенні ефективності процесів ЖЦ СВ.

Таблиця 1 – Режими взаємодії типових процесів на стадіях ЖЦ СВ

Найменування переходу	Критерії оцінки ефективності реалізації процесів ЖЦВ		Стан системи процесів проектування, виготовлення та експлуатації
	синергетичні параметри	кінетичні параметри	
Безперервний перехід	$F_e = 0,7F_c$	$\tau_G \ll \tau_Q, \tau_F$	Точка D на фазових портретах відповідає неефективній взаємодії процесів
	$F_e = 1,5F_c$		Точка O на фазових портретах відповідає ефективній взаємодії процесів
	$F_e = 1,5F_c$	$\tau_Q \ll \tau_G, \tau_F$	Точка O на фазових портретах відповідає ефективній взаємодії процесів
	$F_e = 1,5F_c$	$\tau_F \ll \tau_Q, \tau_G$	Точка O на фазових портретах відповідає ефективній взаємодії процесів
Переривчастий перехід	$F_e = F_{c0}$	$\tau_G \ll \tau_0, \tau_F$	Точка D на фазових портретах відповідає неефективній взаємодії процесів
	$F_e = 1,25 \div 1,8F_c$	$\tau_0 \ll \tau_G, \tau_F$	Ділянка MOS на фазових портретах відповідає ефективній взаємодії процесів
	$F_e = 1,25F_c$	$\tau_0 \ll \tau_G, \tau_F$	Ділянка MOS на фазових портретах відповідає ефективній взаємодії процесів
	$F_e = 1,25F_c$	$\tau_F \ll \tau_0, \tau_G$	Точка O на фазових портретах відповідає ефективній взаємодії процесів

Результати дослідження структури багатфункціональних і багатоеlementних підсистем на стадіях ЖЦ СВ для різних співвідношень можливих варіантів кінетики фазових переходів першого і другого роду показують, що забезпечення відповідності встановленим вимогам можливе тільки при одночасному зростанні значень функцій проектування  $F$  і експлуатації  $Q$  в інтервалі 063 – 1,0.

Головними визначальними факторами для переходу до ефективного режиму реалізації процесів на стадіях ЖЦ є швидкість зростання конструкторсько-технологічного рівня СВ, що відповідає вимогам споживачів і технологічному рівню виробничих можливостей виробника. Результати визначення функцій  $F(t)$  і  $G(t)$  дозволяють здійснити порівняльний аналіз перспективних конкурентоспроможних моделей СВ і тим самим оцінити потенційні виробничі можливості підприємства з позиції узгодженої зміни основних техніко-економічних показників на основі єдиних науково-методичних принципів.

Таким чином, розроблено розрахунково-експериментальний метод визначення оптимальних параметрів процесів на стадіях ЖЦ СВ, що забезпечує зниження витрачання відповідних ресурсів.

**Висновки по даному дослідженню, перспективи подальшого розвитку даного напрямку.** Для вирішення завдання прогнозування результатів спільної взаємодії процесів проектування, виготовлення та експлуатації при забезпеченні відповідності СВ встановленим вимогам в умовах зміни їх внутрішнього і зовнішнього середовищ розглянута самоорганізація ЖЦ як відкритої системи. При формуванні характеристик готової кінцевої продукції з урахуванням обмежень на всі види ресурсів використаний принцип динамічного програмування. Встановлено, що у загальному випадку самоузгоджена взаємодія процесів проектування, виготовлення та експлуатації визначається набором трьох синергетичних і трьох кінетичних параметрів. Головну роль для прийняття обґрунтованих рішень про ефективне використання техніко-економічної інформації на стадіях ЖЦ СВ відіграє зовнішній фактор  $F_e$ , відношення якого до критичного значення  $F_c$  визначає тип стану системи процесів ЖЦ СВ. Встановлено, що зв'язок між результатами процесів на стадіях ЖЦ СВ можна відслідковувати, аналізуючи взаємні кореляції параметра порядку, сполученого поля та керуючого параметру, які характеризують відповідність встановленим вимогам. Значущі кореляції містять інформацію як про самоорганізовану кластерну структуру процесів ЖЦ СВ, так і про наявні тенденції розвитку. Дослідження взаємних кореляцій на стадіях ЖЦ СВ дозволило виділити найбільш власні значення, які разом із компонентами функцій випуску містять змістовну інформацію про відповідність встановленим вимогам.

**Список використаних джерел:** 1. *Портер Майкл Е.* Конкурентноепреимущество: Как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость / *Майкл Е. Портер* [пер. с англ. Е. Калинина]. – М.: АльпинаБизнес Букс, 2005. – 715 с. 2. *Жиль Вальтер* Конкурентоспособность: Общий подход // Проект Российско-Европейского Центра Экономической Политики (РЕЦЭП). – Москва, 2005. – 52 с. 3. *Прахалад К. К.* Майбутнє конкуренції. Творення унікальної цінності спільно з клієнтами / *К. К. Прахалад, Венкат Рамасвами*; [пер. з англ. Михайла Сливочького]. — К: Видавництво Олексія Капусти (підрозділ „Агенція Стандарт”), 2005. — 258 с. 4. *Хамел Г.* Конкурируя за будущее: создание рынков завтрашнего дня: [пер. с англ.] / *Г. Хамел, К. К. Прахалад* – М.: Олимп-Бизнес, 2002. – 288 с. 5. Кабінет Міністрів України Постанова від 2 лютого 2011 р. N 389 „Про затвердження Програми розвитку інвестиційної та інноваційної діяльності в країні” [Електронний ресурс] // Режим доступу: [www.kmu.gov.ua](http://www.kmu.gov.ua) – Урядовий портал. 6. Програма економічних реформ на 2010–2014 роки “Заможне суспільство, конкурентоспроможна економіка, ефективна держава” [Електронний ресурс] //Режим доступу: [www.president.gov.ua](http://www.president.gov.ua) – Офіційне представництво Президента України. 7. ДСТУ 3524-97. Надійність техніки. Проектна оцінка надійності складних систем з урахуванням технічного і програмного забезпечення та оперативного персоналу. Основні положення. 8. *Залога В.О.* Спадкові принципи формування якості складних машинобудівних виробів / *В.О. Залога, К.О. Дядюра, В.В. Нагорний* – Суми: Монографія. Вид-во СумДУ, 2012. – 349 с. 9. *Олемской А. И.* Синергетика сложных систем: феноменология и статистическая теория / *А. И. Олемской* – М.: Эдиториал УРСС, 2009. – 384 с.

*Надійшла до редколегії 27.06.2013*